

東北地方の草地土壌と牧草のミネラルに関する研究

著者	倉島 健次
号	189
発行年	1979
URL	http://hdl.handle.net/10097/16325

氏 名 (本籍) くら しま けん じ
倉 島 健 次

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 1 8 9 号

学位授与年月日 昭和 5 5 年 3 月 1 3 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目 東北地方の草地土壌と牧草のミネラル
に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主 査)

教授 庄 子 貞 雄 教授 佐 藤 庚

教授 大 平 幸 次

論文内容要旨

序 論

東北地方においては、近年牧草の栽培面積が急速に拡大されたが、このかなりの部分は新たに造成された放牧を主体とする大規模草地（牧場）である。しかし、これらの草地はほとんどが標高の高い山地傾斜地に造成されており、立地的にも経済的にも生産条件は厳しく、その合理的維持管理法の確立が急がれている。

牧草に依存したいわゆる草地畜産においては、牧草の維持生産とともにその品質の改善が極めて重要である。最近東北地方においては、放牧牛にグラステタニーが発生し、その主要な原因は牧草の塩基バランスの不均衡であることが指摘されている。また、このような塩基とともに各種の微量元素の過不足は家畜の健康に大きな影響を与えることが明らかにされている。したがって、草地畜産の展開のためには、牧草の量、質両面を考慮した施肥管理法が確立されねばならない。そのためには、草地における土－草－家畜を結ぶ物質循環系の解明とともに、その基盤をなす土壌の養分供給力が明らかにされる必要がある。

本研究は以上のような観点から、先ず当地方の代表的放牧草地について、(1)土壌のミネラル（塩基および微量元素）供給力を検討するとともに、(2)牧草のミネラル含有率を調査して、牧草の維持生産と品質向上における問題点を検討し、更に(3)山地傾斜地の放牧草地における塩基の分布とその改善対策を検討した。

1. 東北地方における草地土壌のミネラル供給力

当地方に分布する代表的放牧草地から表層土（0～12cm）を採取し、そのミネラル供給力を検討した。採取した土壌の約80％は火山灰土壌であったが、これは当地方の草地土壌の土壌型について調べた結果とほぼ一致していた。そのため、火山灰土壌について主として検討した。

1-1 塩基供給力

(1) 火山灰土壌（未耕地表層）の塩基供給力は火山灰の岩質（全塩基含量）と風化程度（粘土含量）によって異なった。母材が苦鉄質の土壌ではCa供給力は高いがK供給力が低く、珪長質の土壌はこの逆の関係があった。但し、Mg供給力と岩質との間には一定の関係は認められなかった（第1図）。

一方、土壌の風化程度と塩基供給力との間には特異的な関係が認められた。風化の進んだ土壌はCa供給力は著しく低い、K供給力は逆に高く、Mg供給力もかなり高いことが示された。とくに、風化の著しく進んだ土壌のK供給力は供試土壌中で最も高く、また、

Mg 供給力もかなり高いことはこれまでの火山灰土壌についての定説と異なった（第2図）。

- (2) 火山灰土壌のK保持力とPBC^KおよびK固定量を測定して比較した結果、風化の進んだ土壌で大きい傾向があった。
- (3) 若干の火山灰混入土壌および非火山灰土壌についても検討したが、火山灰土壌と比べ特に塩基供給力が大きい土壌はなかった。
- (4) 以上のように、風化の著しく進んだ火山灰土壌はKの供給力、保持力とも大きいことを示したが、K供給力の大きい沖積土や泥岩から由来した土壌と比較するとそれほど大きくは、なかった。しかし、長年にわたり放牧に利用される草地では、風化の進んだ火山灰土壌のもつKおよびMg供給力の意義は大きいと考えられた。

1-2 火山灰土壌の風化に伴う塩基の行動

火山灰土壌の風化程度と塩基供給力との間には特異的な関係が認められ、K、Mg供給力に関しては従来の火山灰土壌についての定説とは異なることを明らかにした。これは当地方の火山灰土壌が特異な風化特性を示すためであると考えられたので、土壌の全塩基含量およびそれと粘土鉱物との関係を検討し、火山灰土壌の風化に伴う塩基の行動を考察した。

- (1) 火山灰土壌の風化程度（粘土含量）と全塩基含量との間には特異的な関係が認められた。すなわち風化が進むとCa、Na含量は著しく低下するが、K含量はむしろ増大する傾向があり、Mg含量はほとんど低下しないとみられた（第3図）。そのため、Mg/Ca比およびK/Na比は風化が進むと著しく増大していることを示した（第4図）。また、火山灰土壌の風化に伴う無機成分の可動性を珪酸、アルミニウム、鉄を含めて検討し、それらの可動性の順位はCaO>Na₂O>SiO₂>MgO>K₂O、Al₂O₃、Fe₂O₃であることを明らかにした。
- (2) 土壌の粒径別塩基含量においては、CaおよびNa含量は細粒部ほど低下しており、粘土部分での含量は著しく低かった。これに対し、K含量は低粘土と高粘土土壌では若干異なったが、細粒部ほど高い傾向があり、また、Mg含量はシルト部分までは細粒部ほど低下したが、粘土部分で増大する傾向があった（第5図）。
- (3) 以上の結果から、当地方の火山灰土壌の風化に伴う塩基の行動は、要素によって異なり、CaやNaは風化と共に著しく失われるが、K、Mgは粘土部分にかなり保持されていることが明らかにされた。
- (4) 一方、粘土の分別溶解分析、X線分析および電顕観察によれば、低粘土土壌では母材が苦鉄質～中間質の土壌から分離した粘土は大部分アロフェン、イモゴライトであった。

これに対して、珪長質の土壤粘土はかなりのAl-バーミキュライトを含んでいた。また、高粘度土土壤は母材が中間質～珪長質であったが、その粘土はすべて多量のAl-バーミキュライトを含んでおり、かつかなりのイライトとAl-バーミキュライト-イライト混合層鉱物を伴っていた（第6図）。

- (5) 粘土の化学分析によるとAl-バーミキュライトを多量に含む粘土はCaやNaと比べMgおよびK含量がかなり高かった。また、高粘土土壤の粘土のK含量は低粘土土壤のそれより著しく高かった。これらのことは、Mgは2：1型鉱物の八面体層中に、Kはその層間にとり込まれているためとみられた。
- (6) 以上の結果から、当地方の火山灰土壤の2：1型粘土鉱物の含量は母材の岩質によって異なることが認められたが、大部分の土壤は中間質～珪長質の火山灰を母材としており、これらの土壤はアロフェンを主体とする風化系列になく2：1型鉱物を主体とする風化系列にあるとみられた。そのため、当地方の火山灰土壤は風化過程でCaやNaは著しく失なうが、KおよびMgはかなり粘土中に保持している。

1-3 微量要素供給力

- (1) 火山灰土壤の性質（pH、C％、粘土含量）と可給態微量要素含量との間には高い相関はみられなかったが、火山灰土壤は非火山灰土壤に比べ、B、Zn含量が高く、Mn含量が低い傾向にあった。また、草地土壤と未耕地土壤を比較すると、前者はB、Zn含量が少なく、Co含量が高い傾向にあった。これは耕起造成により表層が剥離されているためであると考えられた。
- (2) 草地土壤の可給態微量要素含量からみると、牛の栄養上でかなりの草地がCoに不足しており、牧草の生育上では若干の草地でZn、B、Moが不足しているとみられた。
- (3) 要素欠乏が予想された草地の未耕地表層土と下層土を用いて牧草のポット栽培試験を行った。いずれの土壤でも表層土では要素欠乏はほとんどないとみられた。しかし、下層土では著しい要素欠乏が発生し、Mg、Zn、Cu、Bが欠乏する土壤のあることを明らかにした。Moの欠乏は下層土でもほとんどないとみられた（第1表）。

2. 東北地方の草地における牧草のミネラル含有率とその組成

当地方に分布する代表的放牧草地から春期に牧草を採取し、そのミネラル含有率を調べた（第2、3表）。

- (1) 牧草のミネラル含有率とその生育との関係では若干の草地でCu、B（クローバ）、Mo

(クローバ)が欠乏かそれに近いとみられた。これらの草地についてはポット試験によりその欠乏を検討した。

- (2) 牧草のミネラル含有率を肉、乳用牛の無機成分要求量と比較した結果、P、Ca、Na、Co、Cu、Fe、Znなどの含有率で要求量以下の牧草が認められた。とくに乳用牛に対しては、ほとんどの草地の牧草がCu、Zn含有率で要求量以下であり、かなりの草地の牧草がCo、Na含有率で要求量以下であった。また、Cu、Moの過剰害の危険はいずれの草地でもなかった。
- (3) 牧草のMg含有率および $K/(Ca+Mg)$ 比をKempらによって示されたグラスステタニー発生に対する限界値と比較した結果、当地方のかなりの草地で本症発生の危険があることが示された。これは、全般に牧草のMg含有率が低く、K含有率が過剰であることによってい。しかし、シロクローバはMg含有率が高く、 $K/(Ca+Mg)$ 比が低いので、マメ科牧草が混播されていれば塩基バランスは著しく改善されることを示した(第7図)。

3. 東北地方の放牧草地における塩基の分布とその改善

3-1 東北地方における放牧草地土壌の塩基含量

当地方の代表的放牧草地(38)の土壌の交換性塩基含量を調査した。

- (1) 草地土壌のCa含量は未耕地よりかなり高く、ほとんどの草地で石灰資材が施用されていることを示した。しかし、Ca飽和度50%(約pH6)以下の土壌が約70%あり、かなりの草地は石灰不足であるとみられた。
- (2) 草地土壌のMg含量は未耕地よりも低く、 Ca/Mg 当量比は著しく高かった。調査草地の約16%は牧草の生育上でMg欠乏の可能性があり、約80%は牛の健康上Mg不足とみられた(第8図)。
- (3) 草地土壌のK含量は未耕地と比べ大差なかったが、調査時が牧草生育期であったので、牧草によって吸収されたK量を考慮するとK過剰とみられる草地がかなりあった。

以上の結果から、当地方の放牧草地ではK、Mgに関する施肥法の改善が必要であることを指摘した。

3-2 山地傾斜地の放牧草地における土壌塩基の分布と牧草の塩基組成

東北地方に典型的な山地傾斜地の放牧草地において、土壌塩基の分布を調査するとともに牧草の塩基組成を検討した。

- (1) 傾斜放牧草地における土壌の交換性K含量は傾斜度によって異なり、緩傾斜面は急傾斜面と比べ著しくK含量が高かった（第9図）。一方K分布の変動係数は30～40%で大きかったが、Ca分布の変動係数と比べるとむしろ小さかった。そのため、一定面積へのふん尿還元は比較的均一に分配されていると考えられた（第4表）。
- (2) 未耕地と比べると草地土壌の交換性K含量は急傾斜面においてもかなり高く、年間4a当り60～120Kg(K₂O)の通常のK施用でも長年にわたればK集積が生じていることを示した（第4、5表）。

以上の結果から、当地方の放牧草地においてはK減肥が必要なこと、およびK施用は急斜面を主体に行なうべきことを指摘した。

- (3) 未耕地と比べ草地土壌のCa含量は緩、急両斜面で低く、またMg含量は急傾斜面で低く、未耕地より放牧草地で石灰、苦土の流亡が大きいことを示した。
 - (4) オーチャードグラスのK含有率は土壌のK含量と密接な関係があり、土壌の交換性K含量13mg/100g乾土が欠乏限界量とみられ、牧草のK含有率2～3%が適量とすると土壌K含量14～19mgが必要とみられた（第10図）。しかし、放牧草地の加里分布の不均一性から、土壌K含量21～24mg程度は必要とみられた。
 - (5) 適当なK施用と充分な苦土資材を施用すれば、春期においてもオーチャードグラスのMg含有率をKempらの限界値0.2%以上に増大できることが示された。
 - (6) オーチャードグラスのK/(Ca+Mg)比はそのMg含有率の増大によってかなり低下することが示された。しかし、同比をKempらの限界値2.2以下にするためには土壌の交換性K含量を20mg以下にせねばならず、この場合にはK分布の不均一性からK欠乏地点が出現する危険があった（第11図）。そのため、イネ科牧草のみでK/(Ca+Mg)比を限界値以下にすることは極めて困難であり、マメ科牧草との混播が必須であることを指摘した。
- 混播草地におけるマメ科率の調節は草種の生育特性を生かした肥培管理をすればある程度可能であるが、大規模草地の技術としては不十分であり、草質と窒素肥沃度の増進を加味した混播草地の維持管理法の確立が必要である。

4. 総 括

1. 東北地方における草地土壌のミネラル供給力

東北地方の山地は広く火山灰に被覆されており、草地土壌の約80%は火山灰土壌であった。そのため主として火山灰土壌について検討した。

- (1) 火山灰土壌の塩基供給力は母材である火山灰の岩質と風化程度によってかなり異なることを明らかにした。とくに、土壌の風化程度とK, Mg 供給力の関係は特異的であり、従来の火山灰土壌についての定説とは異なることを明らかにした。また、草地農業におけるこれら火山灰土壌の塩基供給力の意義についても考察した。
- (2) 火山灰土壌の風化程度と塩基供給力との特異的關係とその原因を明らかにするため、土壌の化学的、鉱物学的研究を行なった。その結果土壌の風化に伴う塩基の行動は要素によって著しく異なること、更に、これは当地方の大部分の火山土壌がアロフェンを主体とせず、2:1型鉱物を主体とする風化系列を示すためであることを明らかにした。
- (3) 一方、若干の非火山灰土壌の塩基供給力についても検討し、これらの土壌は火山灰土壌なみかむしろ劣ることを示した。
- (4) 当地方の草地土壌の微量元素供給力について、可給態含量を測定して検討し、牛の栄養上でCo, 牧草の生育土では若干の草地で要素欠乏の可能性のあることを示した。しかし、牧草の要素欠乏については牧草のポット試験栽培を行なった結果、未耕地表層土では要素欠乏を発生することはほとんどなく、表層が剥離されると要素欠乏(Mg, Zn, Cu, B)の発生する土壌のあることを明らかにした。

2. 東北地方の草地における牧草のミネラル含有率とその組成

牧草のミネラル含有率を牧草の生育からみると、若干の草地で微量元素(Cu, B, Mo)が欠乏かそれに近いとみられた。これについてはポット試験によりその欠乏を検討した。

家畜の栄養上では各種の要素において、肉、乳用牛の要求量より低いミネラル含量の牧草がみられた。とくに乳用牛に対してはほとんどの草地の牧草が、Cu, Zn 含量で不足しており、かなりの草地の牧草が、Co, Na 含量で不足していることを示した。

また、牧草の塩基バランスはかなりの草地で不均衡であり、グラスタニー発生の危険のあることを指摘した。

3. 東北地方の放牧草地における塩基の分布とその改善

- (1) 東北地方の草地土壌の交換性塩基含量は全般にMg 含量が少なく、K 含量が高いことを明らかにした。このことは牧草について調べた結果とも一致していた。そのため、当地方の草地においては、K, Mg の施肥法の改善が必要なことを指摘した。
- (2) 傾斜放牧草地における土壌塩基の分布を調査し、交換性K 含量の分布は斜面の傾斜度によって著しく異なること、また草地全体にK 集積が生じていることを明らかにした。

このことからK施肥の工夫と減肥が必要なことを指摘した。

- (3) 放牧草地における牧草の塩基バランスを改善するためには、Mgの施用とKの減肥が必要なことを示した。しかし、イネ科草地ではこれらの施肥改善を行なっても塩基バランスを安全に維持することは極めて困難であり、マメ科牧草との混播が必須であることを指摘した。

第1表 下層土におけるMgと微量元素の施用効果（ポット試験）

	無施用	Cu+Zn (-Mg)	Mg+Cu (-Zn)	Mg+Zn (-Cu)	Mg+Zn +Cu	Mg+Zn +Cu+B	Mg+Zn +Cu+Mo
田代平土壤（火山灰土）	3.93 (35)	3.53 (31)	8.12 (71)	10.12 (89)	11.37 (100)		
早坂土壤（火山灰土）	2.30 (31)	4.21 (56)	6.38 (85)	7.26 (97)	7.48 (100)		
大野台土壤（火山灰土）	2.48 (27)	4.67 (51)	6.73 (74)	8.15 (89)	9.12 (100)		
千畑土壤（火山灰土）	1.06 (9)	2.84 (23)	8.54 (69)	11.96 (96)	12.40 (100)	13.65 (110)	12.22 (99)
胆沢土壤（火山灰土）	0.25 (3)	4.23 (49)	4.86 (56)	3.20 (37)	8.72 (100)		
飯豊土壤（非火山灰土）	3.12 (29)	3.65 (34)	9.27 (86)	10.42 (96)	10.83 (100)	12.42 (115)	11.19 (103)
大郷土壤（非火山灰土）	9.73 (75)	13.12 (101)	14.00 (107)	9.89 (76)	13.04 (100)	17.49 (134)	14.06 (108)

注 1, 2 番刈牧草の合計値 g/pot

第2表 東北地方の草地における牧草の無機成分含有率（多量成分）

草種	項目	要 素 (%)						K/Ca+ Mg*	Ca/P**
		N	P	K	Ca	Mg	Na		
オー ドグ チャ ー ス	範 囲	2.13～ 4.79	0.20～ 0.48	2.08～ 5.02	0.20～ 0.41	0.14～ 0.20	0.02～ 0.54	2.07～ 4.76	0.5～1.6
	平均値 (A)	3.71	0.34	3.84	0.28	0.17	0.11	3.59	0.8
シク ロー ロバ	範 囲	4.04～ 5.47	0.23～ 0.51	1.84～ 4.26	1.27～ 2.32	0.21～ 0.35	0.03～ 0.65	0.38～ 1.20	3.4～8.4
	平均値 (B)	4.80	0.36	2.87	1.71	0.29	0.19	0.69	4.9
平均値差 (A - B)		-0.96	-0.02	0.97	-1.43	-0.12	-0.08	2.90	-4.1

注：* 当量比 ** 含有率比

第3表 東北地方の草地における牧草の無機成分含有率（微量成分）

草種	項目	要素 (ppm)						
		B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
オヤグ ラス チドス	範囲	3.3～6.9	0.03～0.18	2.5～10.5	55～146	73～285	0.21～2.26	16～49
	平均値 (A)	4.8	0.07	6.9	89	129	0.77	28
シロ ク ロー バ	範囲	12.7～24.3	0.06～0.31	2.5～10.4	103～377	40～414	0.24～3.98	19～49
	平均値 (B)	18.4	0.15	6.5	171	90	1.06	29
平均値差 (A - B)		-13.6	-0.08	0.4	- 82	39	-0.29	- 1

第4表 放牧草地土壌（0～12cm）の交換性塩基含量とその変動係数

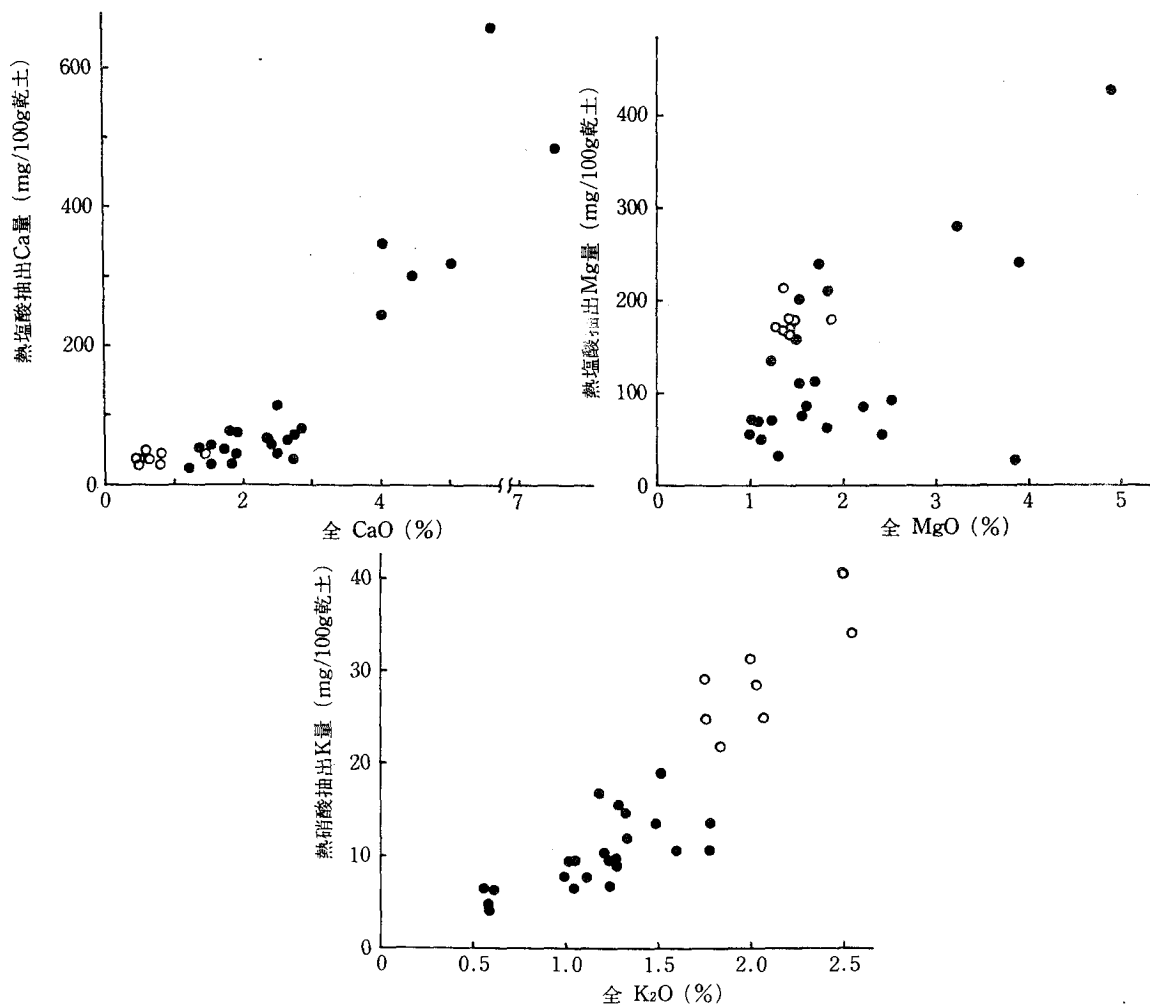
牧場	調査 地区	傾斜 角度	K*			Ca*			Mg*		
			範囲	平均値	CV(%)	範囲	平均値	CV(%)	範囲	平均値	CV(%)
外山	A	21°	15-42	27.6	28	34- 255	106	42	5- 27	11.3	44
	B	12°	20-90	46.2	34	44- 217	109	40	6- 51	16.9	51
	C	10°	27-88	49.5	27	38- 258	122	34	7- 37	17.5	37
区界	A	12°	11-37	21.0	28	14-1254	156	143	6-113	25.4	95
	B	9°	12-62	30.9	42	31-1039	248	81	12- 91	33.6	53
	C	7°	14-79	34.9	38	49- 853	246	73	12-129	33.8	63

注 * : mg/100g 乾土, CV: 変動係数, 各草地から49点の試料を採取し, 定量した。

第5表 未耕地土壌（0～10cm）の交換性塩基含量とその変動係数

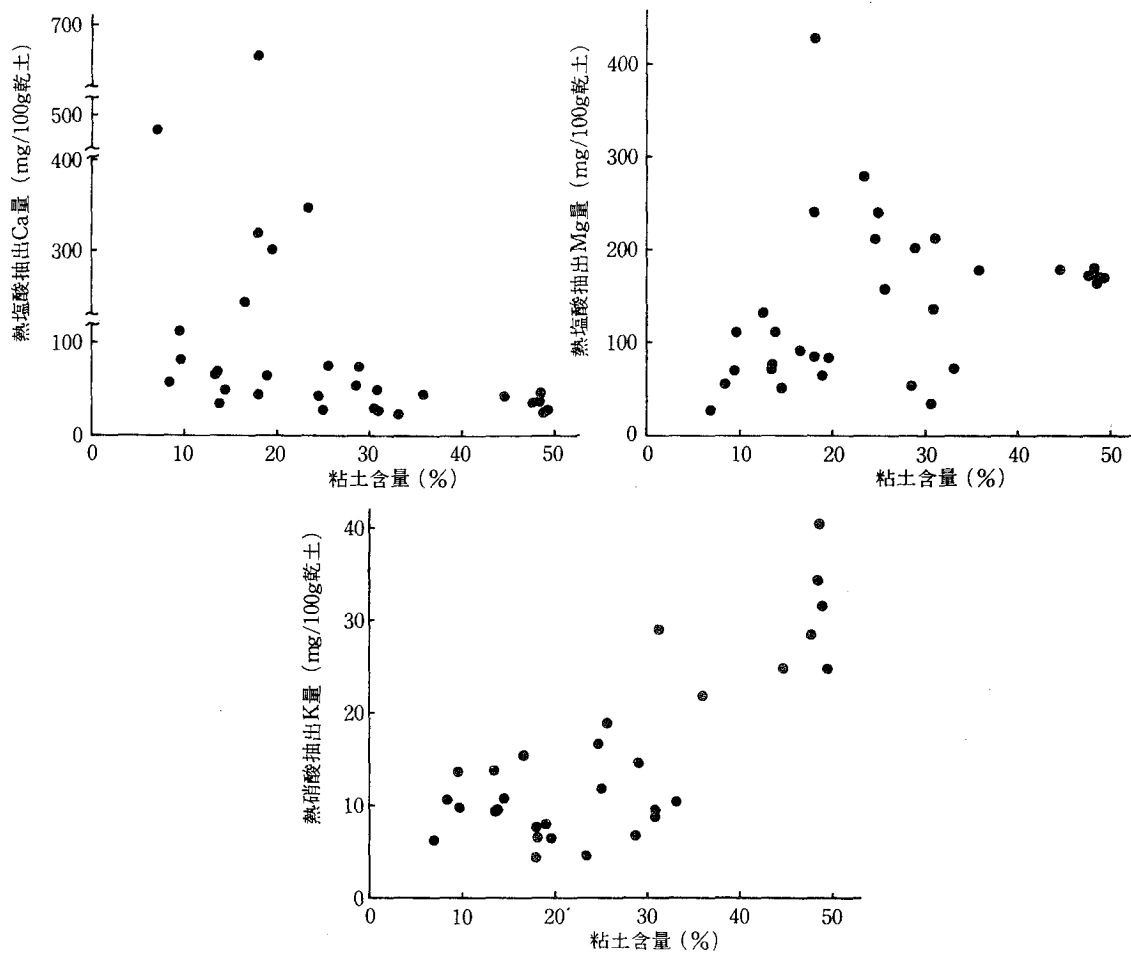
牧場	K*			Ca*			Mg*		
	範囲	平均値	CV(%)	範囲	平均値	CV(%)	範囲	平均値	CV(%)
外山	9-24	13.8	32	62-333	175	52	9-25	16.3	30
区界	12-32	21.1	31	18- 92	45	52	9-19	8.6	58

注 * : mg/100g 乾土, CV: 変動係数, 各未耕地から20点の試料を採取し, 定量した。

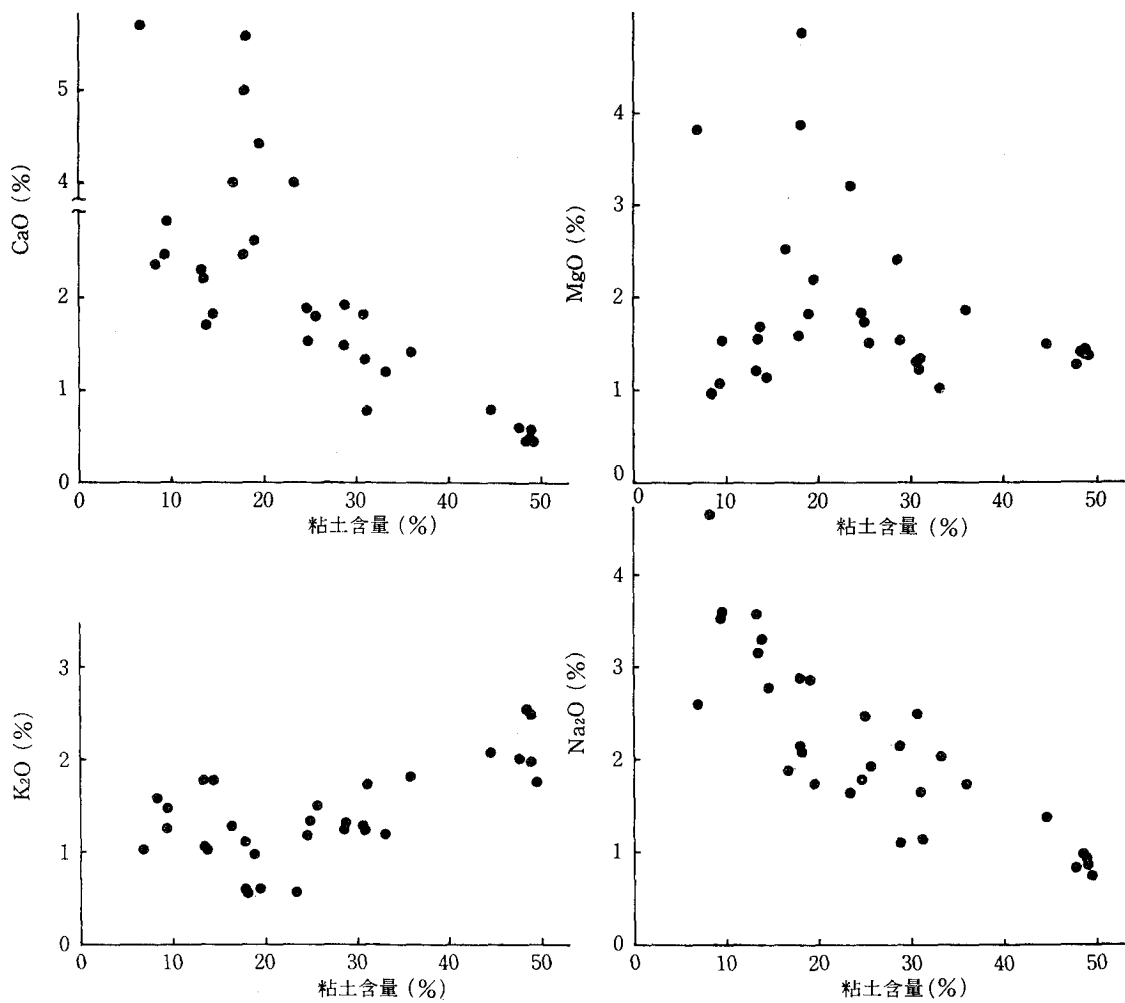


第1図 火山灰土壌の全塩基含量と熱酸抽出塩基量

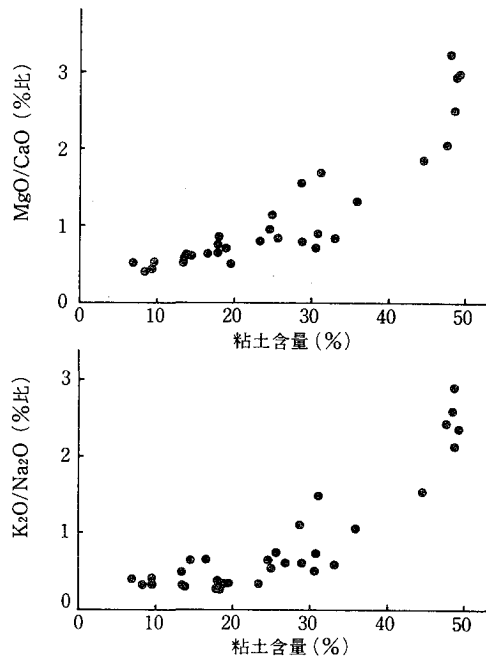
注 ●：粘土含量33%以下の土壌，○：粘土含量35%以上の土壌（六原土壌31.2%を含む）



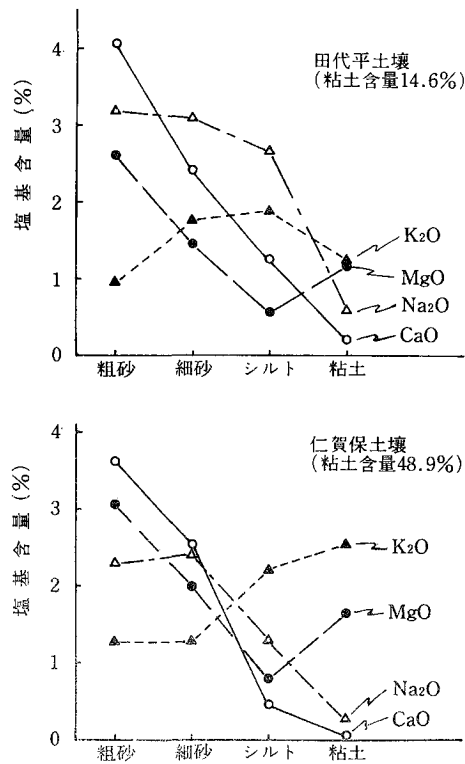
第2図 火山灰土壤の粘土含量と熱酸抽出Ca, Mg, K量



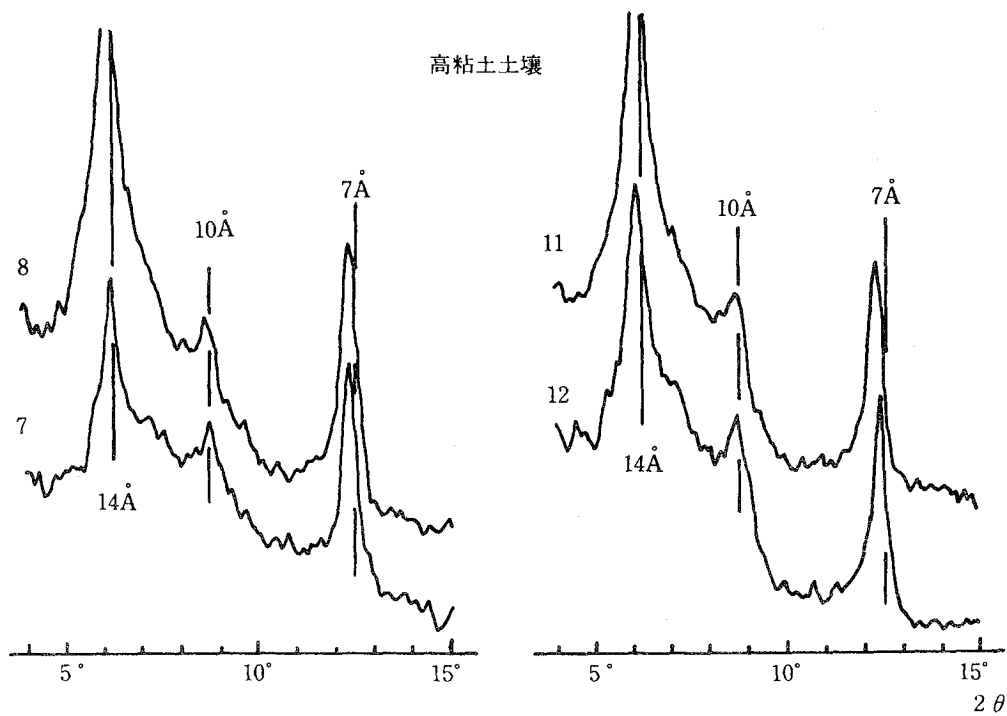
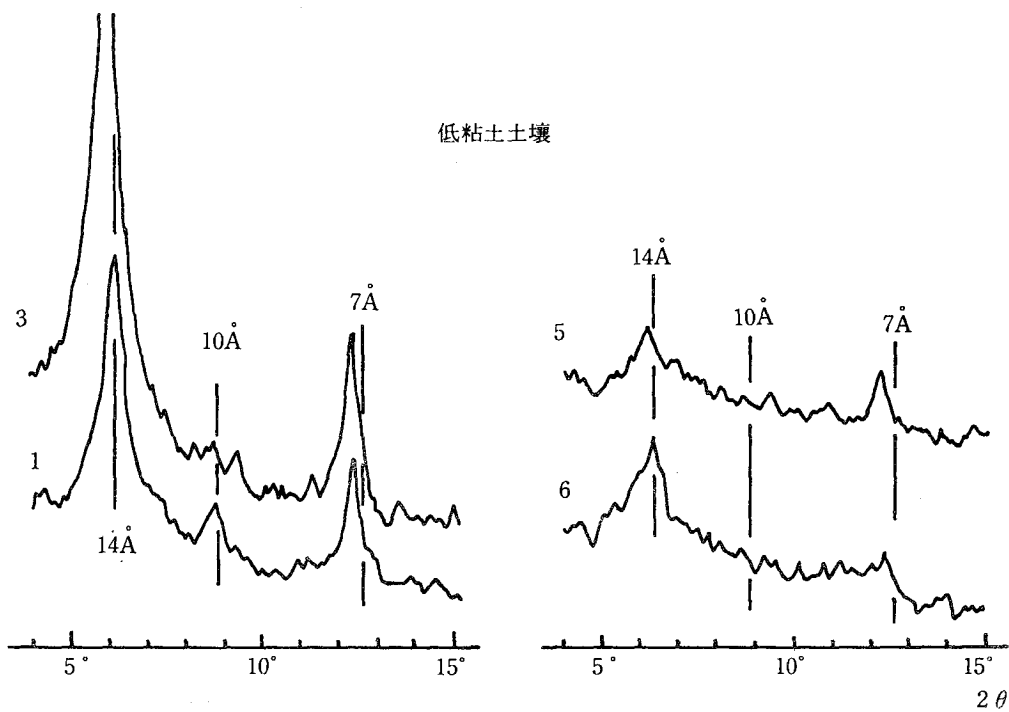
第3図 火山灰土壌の粘土含量と全塩基含量



第4図 火山灰土壤の粘土含量とMgO/CaO, K₂O/Na₂O比

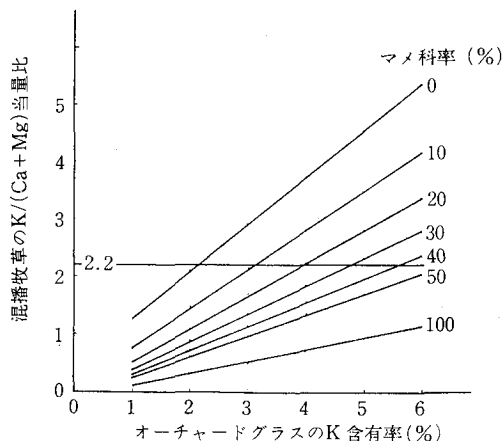


第5図 火山灰土壤の粒径別塩基含量

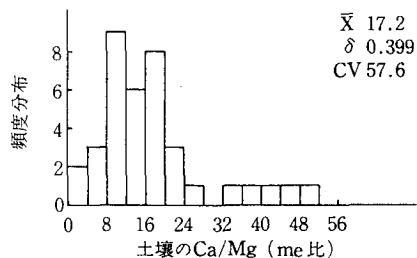
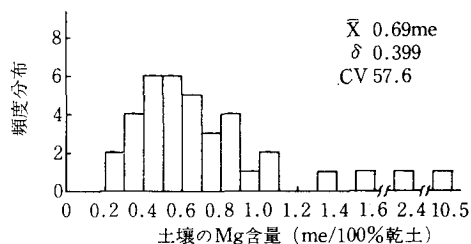


第6図 Mg粘土のX線回折図

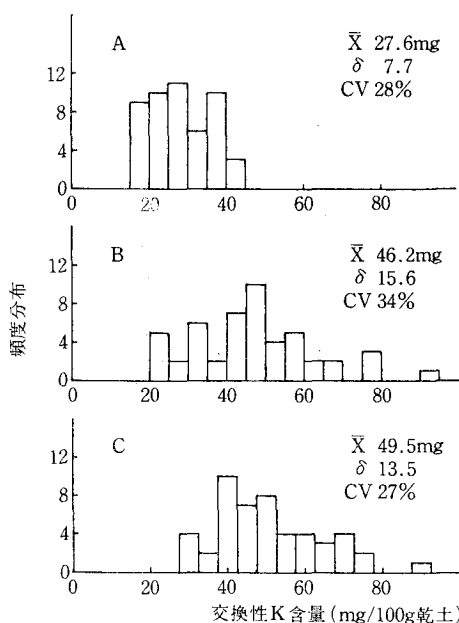
低粘土土壤, 1:湯の平, 2:湯の台, 5:一本木, 6:厨川
高粘土土壤, 7:大石, 8:六原, 11:仁賀保, 12:大野岱



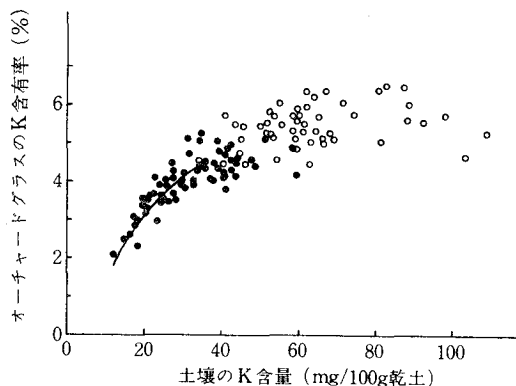
第7図 オーチャードグラスのK含有率と混播牧草のK/(Ca+Mg)比
注 オーチャードグラスとシロクロバのK含有率の関係、およびK含有率とK/(Ca+Mg)比の関係から、オーチャードグラスのK含有率とマメ科率に対する混播牧草のK/(Ca+Mg)比の関係式を得た。



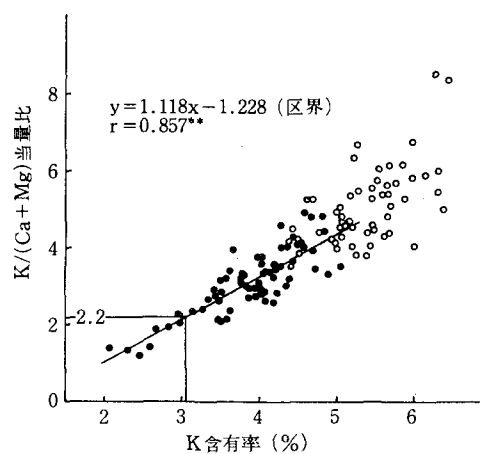
第8図 東北地方の草地土壌の交換性Mg含量とCa/Mg比



第9図 外山放牧草地のA, B, C地区における土壌の交換性K含量の分布
注 傾斜度 A:21°, B:12°, C:10°



第10図 土壌の交換性K含量とオーチャードグラスのK含有率
注 ●:区界放牧草地, ○:外山放牧草地



第11図 オーチャードグラスの K 含有率と $K/(Ca+Mg)$ 比

注 ●：区界放牧草地，○：外山放牧草地

審 査 結 果 の 要 旨

近年、東北地方の草地面積は、急速に拡大されているが、そのかなりの部分は、造成年次の新しい放牧を主体とする大規模草地である。牧草に依存する草地畜産では、牧草の生産量とともに品質を高く維持するための施肥管理法が確立されなければならない。本論文は、そのために必要な東北地方の代表的放牧草地における土壌のミネラル供給力の評価、牧草のミネラル含有率からみた牧草の維持生産と品質向上における問題点の解明、さらに山地傾斜地の放牧草地における塩基の分布とその改善対策について研究した成果をとりまとめたものである。

東北地方の草地土壌の大部分は、火山灰土壌である。そこで火山灰土壌を中心として、塩基供給力を母材の岩質と風化程度との関係から明らかにした。東北地方の火山灰草地土壌のなかで、塩基性の母材に由来する土壌は、僅かであるが、これらの土壌では、風化の初期段階で、カルシウムやマグネシウムの供給が大きい。しかし、酸性ないし中性の母材に由来する土壌では、カリとマグネシウムの供給は風化の進んだ土壌で高いこと、この理由は、これらの元素が生成する2:1型粘土鉱物の構成成分としてみこまれるためであることを明らかにした。さらに、火山灰土壌の表層風化における元素の易動性、 $Ca, Na > Si > Mg > Al, Fe, K$ を確認した。

東北地方の牧草の微量元素含量のなかで、家畜の栄養上、銅と亜鉛は、ほとんどの草地の牧草で、不足しており、また、かなりの牧草で、コバルトとナトリウムが不足していることを明らかにした。東北地方の牧草の調査および草地土壌の交換性塩基含量の分析から、草地土壌では、全般に、マグネシウム含量が低い、カリ含量が、著しく集積していることを明らかにした。さらに傾斜放牧草地における細密な調査から、草地全体にカリの集積を生じ、そのために牧草の塩基がアンバランスとなっていることを明らかにした。塩基バランスの改善のためには、マグネシウムの施用とカリの減肥が必要であり、さらにイネ科牧草とマメ科牧草の混播の重要性を明らかにした。

以上のように、著者は、いくつかの新知見を提出し、土壌肥科学に貢献するとともに、草地の合理的維持法の確立のためにも有益な成果を示した。よって、著者は、農学博士の学位を授与される資格があるものと判明した。